

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 10 DEC 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

102 46 781.1

**Anmeldetag:**

08. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:**

Stotz-Feinmesstechnik GmbH, Gerlingen/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren und Vorrichtung zur dreidimensionalen  
Vermessung von Objekten

**IPC:**

G 01 B 21/04

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 15. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

Recht

**Verfahren und Vorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung von  
Objekten**

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 beziehungsweise des Anspruchs 14.

10

Bei bekannten Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten; wie beispielsweise Werkstücken, werden die Objekte auf einem Messtisch positioniert, an dem eine Vorrichtung mit einem Messelement zum Abtasten der äußeren Konturen der Objekte beweglich angeordnet ist, wobei die Position des Messelementes über lineare dreidimensionale

15

Messweggeber in x-, y- und z-Richtung bestimmt werden kann. Der Messtisch ist in der Regel ein geschliffener, massiver Marmorblock, der meist ortsfest installiert ist.

20

Das Messelement besteht beispielsweise aus einer Antast-Messkugel, die mechanisch mit einem Kraftsensor verbunden ist, um einen fortwährenden Kontakt mit dem Objekt zu gewährleisten. Beim Abtasten wird die Messkugel mit dem Objekt in Kontakt gebracht und entlang des Objektes bewegt. Ein Rechner ermittelt aus der Bewegung der Messkugel entlang des Objektes mittels der linearen Messweggeber, die zu dem Messtisch

25

eine exakt festgelegte Position haben, die äußeren Abmessungen des dreidimensionalen Objektes. Zur Messung von Innenabmessungen werden andere Vorrichtungen mit pneumatischen Messdornen verwendet, die auch in Öffnungen des Werkstücks hinein positioniert werden können.

Derartige Vorrichtungen zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten werden sehr selten direkt in Produktionshallen eingesetzt, da beispielsweise dort verwendetes Wasser oder Öl, anfallende Späne, auftretende

5 Vibrationen und elektrische Störungen zu Messungenauigkeiten führen können. Ein zusätzlicher Nachteil ist die relativ niedrige Messgeschwindigkeit wegen der linearen Messweggeber und der große Platzbedarf wegen der massiven Marmor-Messtische.

10 In der Industrie werden deswegen oft spezielle Messvorrichtungen verwendet, die nur für eine Messaufgabe, wie beispielsweise für eine Durchmessermessung eines Kolbens, optimiert sind. Dabei werden als Messelemente neben Antastkugeln auch elektrisch-pneumatische Wandler, Kapazitiv-

15 Sensoren und Induktivtaster eingesetzt. Die Werkstücke werden in die Messvorrichtung mit einem Handhabungssystem gebracht, das sehr komplex aufgebaut sein kann. Ferner wird zum Entfernen der Werkstücke aus der Messvorrichtung, beispielsweise für die Klassierung in verwendbare und nicht verwendbare oder nachzuarbeitende Werkstücke, wiederum ein Handhabungssystem benötigt.

20

Für große, zu vermessende Objekte, wie Autokarosserien, sind Messelemente zum Abtasten des Objektes beispielsweise an einem Kran oder Stativ vorgesehen. Der Kran oder das Stativ und das zu vermessende Objekt sind relativ zueinander bewegbar, um das Objekt abschnittsweise

25 mit den am Kran oder Stativ angeordneten Messelementen abzutasten. Nachteilig ist dabei, dass es aufgrund der Abmessungen des Stativs oder der Reichweite des Krans eine Beschränkung hinsichtlich der Größe der ausmessbaren Objekte gibt. Zudem ist das Stativ oder der Kran zumeist

ortsfest installiert und kann daher schlecht zur Vermessung von Objekten an einen anderen Ort transportiert werden.

Die Vermessung von größeren Objekten und Räumen erfordert daher sehr oft einen hohen Aufwand. Da die Vermessung von großen Objekten in der Regel punktuell ist, wird die tatsächliche Form der Objekte aus Kostengründen durch Messung weniger Punkte und Inter- bzw. Extrapolieren ermittelt. Dies kann zu erheblichen Ungenauigkeiten der Messdaten führen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine verbesserte Vorrichtung und ein verbessertes Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten anzugeben, mit denen die oben genannten Nachteile zumindest weitestgehend beseitigt werden.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche.

Die Aufgabe wird insbesondere dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten, bei dem ein Messelement im Raum relativ zu einem auszumessenden Objekt, insbesondere entlang dessen Oberfläche, bewegt, die Positionen des Messelementes relativ zu einem insbesondere festen Bezugssystem festgestellt und die Maße des untersuchten Objektes aus den festgestellten Positionen des Messelementes ermittelt werden, die Positionen des Messelementes durch ein Ortungsverfahren in Bezug auf ein durch das zugehörige Ortungssystem festgelegtes Bezugssystem bestimmt und aus den festgestellten Posi-

tionen des Messelementes gewünschte Maße des Objektes berechnet werden.

5 Erfindungsgemäß werden also nicht wie bisher lineare Messweggeber verwendet, um die Position des Messelementes während der Messung zu bestimmen, sondern ein Ortungsverfahren, mit dem die Position des Messelementes sehr genau erfasst werden kann. Durch Verwendung eines Ortungsverfahrens zur Bestimmung der Position des Messelementes ist das Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung auch weniger störanfäll-  
10 lig bezüglich Schwingungen. Es ist daher nicht nötig, einen massiven, ortsfesten Messtisch zu verwenden und das erfindungsgemäße Verfahren kann auch in industrieller Umgebung, das heißt direkt an der Produktionsstätte eingesetzt werden.

15 Zudem ist das Verfahren und die Vorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten nicht auf eine maximale Größe der zu vermessenden Objekte beschränkt, da mit Hilfe des Ortungsverfahrens ein großer räumlicher Bereich vermessen werden kann. Ferner kann die Vorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten relativ einfach transportiert und daher für eine Vermessung von Objekten an unterschiedlichen  
20 Orten eingesetzt werden. Vor allem wird ein schnelles und präzises Vermessen im dreidimensionalen Raum ermöglicht, da die Bewegung des Messelements durch das Ortungsverfahren nicht wie bei linearen Messweggebern eingeschränkt ist.

25

Zur Ortung des Messelementes kann mindestens ein physikalisches Feld, insbesondere ein akustisches, optisches und/oder elektromagnetisches Feld, aufgebaut werden. Dies erfolgt insbesondere durch mehrere, um die

Messstelle herum positionierte Geber als Feldquellen des physikalischen Feldes, beispielsweise Quellen für sichtbares und/oder unsichtbares

Licht, deren Positionen das Bezugssystem für das Ortungsverfahren festlegen. Aus der Ausbreitungsgeschwindigkeit des physikalischen Feldes

5 kann die Entfernung zwischen den Gebern des physikalischen Feldes und dem Messelement aus der Signallaufzeit sehr genau bestimmt werden. Je mehr Geber im Raum verteilt eingesetzt werden, desto genauer kann die Position des Messelementes bestimmt werden. Dies ermöglicht die Vermessung dreidimensionaler Objekte mit einer Genauigkeit von bis zu etwa  
10  $\pm 1 \mu\text{m}$ .

In einer Ausführungsform kann zur Ortung des Messelementes ein unidirektionales Ortungssystem, insbesondere nach Art des Global Positioning

Systems, GPS, verwendet werden. Infolgedessen handelt es sich um ein  
15 Verfahren, bei dem mittels der Laufzeit der Signale zwischen den Gebern und entsprechenden Sensoren an oder bei dem Messelement eine Einweg-Entfernungsmessung durchgeführt wird. Dadurch wird der Messfehler klein gehalten und zudem die Berechnung der Maße des Objektes aus den festgestellten Positionen des Messelements beschleunigt.

20

Ferner kann das Messelement das Objekt mechanisch oder berührungslos abtasten. Ersteres kann beispielsweise mit Hilfe einer Antastkugel erfolgen, die entlang der Oberfläche des zu vermessenden Objektes gerollt

wird. Das Abtasten kann aber auch berührungslos, beispielsweise induktiv, kapazitiv oder mit einem pneumatischen Dorn erfolgen, so dass auch  
25 empfindliche Oberflächen vermessen werden können. Die ermittelte Position des Messelementes wird dann mit dem induktiv, kapazitiv oder pneumatisch ermittelten Abstand des Messelementes von der Oberfläche

korrigiert, um die Position des Messpunktes auf der Oberfläche zu bestimmen. Die Abtastung erfolgt entweder kontinuierlich oder an einzelnen Abtastpunkten, wobei bei jeder Abtastung die aktuelle Position der Messelemente ermittelt und als Messwert gespeichert wird.

5

In einer bevorzugten Ausführungsform kann das Messelement von einem Roboterarm bewegt werden. Dabei kann das Messelement fest an dem Roboterarm installiert sein, es kann aber auch lösbar am Roboterarm befestigbar sein, insbesondere von einem Greifer des Roboterarms bei Bedarf aufgenommen werden. So kann zur Vermessung der dreidimensionalen Objekte ein üblicher Industrieroboter verwendet und mit Gebern eines physikalischen Feldes und einem Messrechner zur Bestimmung der Maße des dreidimensionalen Objektes aus den über das Ortungssystem ermittelten Positionen des Messelementes kombiniert werden. Wegen des Einsatzes eines Ortungssystems zur Ermittlung der Position des Messelements und damit auch des Roboterarms muß die Genauigkeit der Winkelkodierer des Roboters nicht besonders hoch sein, da auch der Roboter anhand der ermittelten Positionen sehr genau gesteuert werden kann. Aus diesem Grund sind zur Steuerung des Roboters auch keine linearen x-y-z-Messweggeber erforderlich. Zudem können aufgrund der Verwendung eines Roboters zum Bewegen des Messelementes im Vergleich zur bisherigen Technik mehr Freiheitsgrade der Bewegung des Messelementes realisiert werden. Beispielsweise können auch Bohrungen ausgemessen werden.

10

15

20

25

Außerdem kann der Roboterarm vorteilhafterweise zugleich zum Bewegen des Objektes, insbesondere zum Be- und/oder Entladen der Messvorrichtung eingesetzt werden. Beispielsweise bei der Vermessung von Werkstü-

cken wird damit ein zusätzliches System zum Positionieren und Klassieren der Werkstücke überflüssig.

In einer weiteren Ausführungsform kann das Messelement mit einem  
 5 Flugobjekt bewegt werden. Das Flugobjekt wird dabei per Kabel oder per Fernsteuerung manövriert, beispielsweise kann es sich um einen Modellhubschrauber handeln. Dies ermöglicht die Vermessung auch von großen  
 10 Objekten, wobei nicht nur die äußere Oberfläche von Gegenständen, wie Autokarosserien, sondern beispielsweise auch die innere Oberfläche von Räumen vermessen werden kann.

Des weiteren können auswechselbare Messelemente verwendet werden. Dies ermöglicht den wahlweisen oder aufeinander folgenden Einsatz verschiedener Abtastverfahren, beispielsweise mit mechanischen oder induk-  
 15 tiven Abtastelementen. Außerdem kann, wenn das Messelement mit einem Roboterarm bewegt wird, ein zu vermessendes Objekt zunächst von einem Greifer des Roboterarms positioniert und anschließend mit einem von demselben oder einem zweiten Greifer aufgenommenen auswechselbaren  
 20 Messelement vermessen werden.

Das Ortungssystem kann ferner über die Geber und Sensoren durch Selbstkalibrierung kalibriert werden. Dies ermöglicht eine in kurzen Zeit-  
 25 abständen durchgeführte Neukalibrierung des Systems, für die die Messung nur kurzzeitig unterbrochen werden muss.

Das Messelement kann außerdem drahtlos, insbesondere induktiv oder mittels eines Akkumulators, mit Energie versorgt werden. Zudem können die Messdaten des Messelementes drahtlos, insbesondere induktiv oder



per Funk, übertragen werden. In beiden Fällen wird das Auswechseln eines Messelementes vereinfacht und die Vermessung mit verschiedenen Messelementen beschleunigt.

- 5 Das Objekt kann zum Vermessen auf einer Nullposition positioniert werden. Dies vereinfacht die Messung, da der Ort des Messobjektes nicht erst ermittelt werden muss.

- 10 In einer weiteren Ausführungsform kann das zu vermessende Objekt nach einem Raster, insbesondere einem asymmetrischen Raster, ausgemessen werden. Durch Vorsehen von weniger Rasterpunkten in bestimmten, weniger genau auszumessenden Bereichen kann die Vermessung des Objektes beschleunigt werden.

- 15 Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in der nachfolgenden Figurenbeschreibung, den Zeichnungen und den Unteransprüchen angegeben.

- 20 Nachfolgend wird die Erfindung rein beispielhaft unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in schematischer Darstellung;

25

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ebenfalls in schematischer Darstellung.

### Erste Ausführungsform

Die erste, in Fig. 1 gezeigte Ausführungsform der erfindungsgemäßen  
5 Vorrichtung umfasst einen Messtisch 10, einen Roboter 12, ein Messele-  
ment 14, eine Ablage 15 für verschiedene Messelemente, eine Mehrzahl  
von Gebern 16 und einen Mess- und Steuerrechner 18. Zur Verdeutli-  
chung eines in der Produktion einsetzbaren Messablaufs sind in Fig. 1  
auch ein Zuführband 20 und zwei Abföhrbänder 22 und 23 für zu ver-  
10 messende, respektive bereits gemessene Werkstücke 24 dargestellt.

Die Geber 16 sind im Raum und auf dem Messtisch derart angeordnet,  
dass sie um das Werkstück 24 herum verteilt sind. Es handelt sich bei  
den Gebern 16 beispielsweise um Sender für ein Funksignal, insbesondere  
15 GPS-Signal.

Der Roboter 12 ist am Messtisch 10 angeordnet und weist einen Greifarm  
26 auf, dessen freies Ende das Messelement 14 hält. Bei dem Roboter  
handelt es sich vom Grundaufbau her um einen üblichen Industrierobo-  
20 ter, der mit dem Greifarm 26 nicht nur das Messelement 14 von der Abl-  
ge 15 aufnimmt, sondern auch vor dem Messen das jeweilige zu vermes-  
sende Werkstück 24 vom Zuföhrband 20 aufnimmt und auf dem Mess-  
tisch 10 positioniert und nach dem Messen das vermessene Werkstück 24  
auf dem Abföhrband 22 oder 23 ablegt, je nachdem, ob das Werkstück in  
25 Ordnung ist oder Ausschuss darstellt.

Der Greifarm 26 weist an seinem freien Ende einen Greifer 30, mit dem  
das Messelement 14 aufgenommen wird, einen hier nicht dargestellten

Sensor für das von den Gebern 16 erzeugte elektromagnetische Feld sowie ein ebenfalls nicht dargestelltes Funkelement auf, das die vom Sensor empfangenen Signale der Geber 16 an ein Sende- und Empfangsmodul 28 des Mess- und Steuerrechners 18 überträgt.

5

Das Messelement 14 umfasst beispielsweise einen nicht dargestellten Induktivtaster zum Abtasten der Oberfläche des Werkstückes 24 und ein ebenfalls nicht dargestelltes Funkelement für die Kommunikation mit dem Steuer- und Messrechner 18. Alternativ können die Daten des Messelementes 14 induktiv an einen Empfänger im Greifarm 26 und von diesem über elektrische Leitungen an den Mess- und Steuerrechner 18 übertragen werden. Zudem wird das Messelement 14 mittels einer nicht dargestellten Induktivkupplung über den Greifarm 26 mit Energie versorgt. Durch diese Ausgestaltung ist das Messelement 14 auswechselbar ausgebildet und kann durch den Greifarm 26 des Roboters 12 von der Ablage 15 aufgenommen und sofort funktionstüchtig eingesetzt werden.

10

15

20

Der Mess- und Steuerrechner 18 ist – wie oben erwähnt – mit einem Sende- und Empfangsmodul 28 ausgestattet. Dieses Sende- und Empfangsmodul 28 empfängt nicht nur die Signale der Geber 16, sondern funkt auch Steuersignale an die Geber 16, den Roboter 12 und an das Messelement 14. Zusätzlich kann das Sende- und Empfangsmodul 28 die Messdaten des Messelementes 14 und des Sensors am Greifarm 26 empfangen.

25

Um die Vermessung durchzuführen, wird das erste zu vermessende Werkstück 24 auf dem Zuführband vom Greifarm 26 des Roboters 12 ergriffen und auf dem Messtisch 10 positioniert. Dort wird das Werkstück 24 fixiert, beispielsweise von Elektromagneten am Tisch angezogen. Anschlie-

Send nimmt der Greifarm 26 das Messelement 14 von der Ablage 15 auf und tastet mit dem Messelement 14 das Werkstück 24 ab. Bei jeder Abtastung werden die vom Sensor am Greifarm 26 empfangenen Signale des von den Gebern 16 erzeugten elektromagnetischen Feldes von dem am  
5 Greifer vorhandenen Funkelementen an den Mess- und Steuerrechner 18 übermittelt.

Der Mess- und Steuerrechner 18 bestimmt anhand der Signale des Sensors die Laufzeiten der Signale des elektromagnetischen Feldes zwischen  
10 den Gebern 16 und dem Sensor. Die gesuchten Entfernungen zwischen den Gebern 16 und dem Sensor ergeben sich aus dem Produkt der Ausbreitungsgeschwindigkeit des elektromagnetischen Feldes, die bekannt ist, und der Laufzeit des jeweiligen Signals. Ferner ermittelt der Mess- und Steuerrechner 18 aus den berechneten Entfernungen die aktuelle Position  
15 des Sensors und damit des Messelementes 14, während dieses das Werkstück 24 abtastet, und ordnet diese Daten der jeweiligen Messung zu. Die Maße des Werkstücks 24 werden aus den ermittelten Positionen des Messelementes 14 und bei berührungsloser Abtastung dem Abstand des Messelementes 14 vom Werkstück 24 bestimmt.

20

Auf diese Weise können die Maße des Werkstücks sehr genau ermittelt werden, ohne dass eine weitere Einrichtung zur dreidimensionalen Vermessung eingesetzt werden muss. Durch die Verwendung eines herkömmlichen Messelementes 14 mit einem im Grundaufbau üblichen Industrie-  
25 roboter 12 entfällt der Aufwand für eine Konstruktion spezieller Messvorrichtungen. Dies ermöglicht zudem, dass der Roboter 12 nicht nur für das Messen, sondern auch für das Positionieren der Werkstücke 24 verwendet werden kann. Diese Mehrfachnutzung des Roboters 12 wird durch die

auswechselbare Ausführung der Messelemente 14 unterstützt.

Die Anwendung des beschriebenen Ortungssystems bei der dreidimensionalen Vermessung der Werkstücke 24 ermöglicht zudem eine hochgenaue Steuerung des Greifarms 26 und Bestimmung der Werkstückmaße unter Verwendung der ermittelten Positionen des Sensors, ohne dass die klassischen linearen X-Y-Z-Messweggeber herkömmlicher 3D-Messvorrichtungen eingesetzt werden müssen. Außerdem ist für die hochgenaue Ermittlung der dreidimensionalen Kontur der Werkstücke 24 auch kein Stabilisierungs-Marmorblock als Messtisch nötig. Gleichzeitig wird wegen der Verwendung des Ortungsverfahrens zur Positionsbestimmung eine Vermessung dreidimensionaler Objekte mit einer Genauigkeit von bis zu  $\pm 1 \mu\text{m}$  ermöglicht.

#### 15 Zweite Ausführungsform

In Fig. 2 ist eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten dargestellt. Bestandteile dieser Vorrichtung, die mit Bestandteilen der ersten Ausführungsform übereinstimmen, sind mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Die zweite Ausführungsform umfasst ein in Art eines Zeppelins ausgebildetes Flugobjekt 50, im folgenden Zeppelin genannt, ein Messelement 52 auf einem Träger 53, Geber 16 und einen Mess- und Steuerrechner 18.

Der Zeppelin 50 besitzt Auftriebs- und Steuermotoren 54, um den Zeppelin 50 im Raum um ein zu vermessendes Objekt 56 - in der Figur als ein Schrank dargestellt - zu bewegen. Die Auftriebs- und Steuermotoren 54

werden über Steuersignale, die vom Sende- und Empfangsmodul 28 des Mess- und Steuerrechners an eine Antenne 58 des Zeppelins ausgesandt werden, gesteuert. Auf der Vorderseite des Zeppelins 50 ist das Messelement 52 vorgesehen. Die Messdaten des Messelementes 52 können über  
5 die Antenne 58 an das Sende- und Empfangsmodul 28 des Mess- und Steuerrechners 18 übertragen werden.

Der Zeppelin 50 trägt ferner mindestens einen in Fig. 2 nicht dargestellten Sensor zum Empfangen der Signale des von den Gebern 16 erzeugten  
10 elektromagnetischen Feldes, insbesondere GPS-Signale. Die Sensoren haben dabei eine definierte Lage auf oder im Zeppelin bezüglich des Messelementes 52, die bei einem länglichen Träger 53 des Messelementes 52 mittels einer Berechnung der räumlichen Orientierung des Trägers 53 relativ zu den Sensoren bestimmt werden kann.

15 Die Energieversorgung des Zeppelins 50 wird über in Fig. 1 nicht dargestellte Hochenergieakkumulatoren gesichert, es kann aber auch ein Kabel für die Energieversorgung vorgesehen sein.

20 Das Messelement 52 ist als Antastkugel ausgebildet, die am freien Ende des am Zeppelin angebrachten Trägers 53 angeordnet ist. Zur schnellen Aufnahme eines Messwegs in Form einer Mantellinie des Schrankes 56 kann ein Induktivtaster als der Träger 53 vorgesehen sein. So wird der mechanische Kontakt mit dem Objekt gesichert und die Reibung zwischen  
25 der Abtastkugel und dem Objekt verkleinert.

Im Betrieb wird der Zeppelin 50 vom Mess- und Steuerrechner 18 per Funk gesteuert derart im Raum um den zu vermessenden Schrank 56

bewegt, dass die Antastkugel des Messelements 52 mit der Oberfläche des zu vermessenden Schrankes 56 in Kontakt kommt. Um größere Objekte schnell und genau abtasten zu können, ist der Raum in ein im Mess- und Steuerrechner gespeichertes Raster eingeteilt. Das Raster kann asymmetrisch sein, um an bestimmten Stellen des Raumes eine große Anzahl von Punkten mit dem Zeppelin 50 ansteuern beziehungsweise mit dem Messelement 52 abtasten zu können.

10 Nachdem das Messelement 52 in Kontakt mit dem Schrank 56 gekommen ist, wird der Zeppelin 50, während die Antastkugel des Messelements 52 mit der Oberfläche des Schrankes 56 weiter in Kontakt steht, entlang des Schrankes bewegt, um gewünschte Maße des Schrankes 56 zu ermitteln. Zu diesem Zweck wird, wie in der ersten Ausführungsform, eine Entfernungsmessung zwischen den Gebern 16 und den Sensoren ausgeführt  
15 und aus den ermittelten Entfernungswerten die Position des Zeppelins und damit die Position des Messelementes 52 bestimmt. Die von den Sensoren empfangenen Signale der Geber 16 werden dazu per Funk über die Antenne 58 an den Mess- und Steuerrechner 18 übermittelt. Gleichzeitig überprüft der Mess- und Steuerrechner 18, ob die Antastkugel in  
20 Kontakt mit dem Schrank steht. Die zu bestimmenden Maße des Schrankes 56 werden aus den ermittelten Positionen des Messelementes 52 und bei berührungsloser Messung dem Abstand des Messelementes 52 von der Oberfläche berechnet.

25 Die zweite Ausführungsform, ist also eine Art fliegende Sonde zur dreidimensionalen Vermessung und ermöglicht wegen der großen Reichweite des Zeppelins 50 nicht nur die dreidimensionale Vermessung großer Objekte, sondern auch die Vermessung von Innenräumen.

Dazu können auch Lichtquellen oder Schallquellen, beispielsweise Ultraschallquellen, alleine oder miteinander kombiniert eingesetzt werden. Die Sensoren auf dem Zeppelin 50 können dann optische beziehungsweise  
5 akustische Interferometer umfassen, die Phasenverschiebungen bestimmen, mit denen die Positionen des Messelementes und damit die Maße großer Objekte oder die Maße von Innenräumen noch genauer bestimmt werden können.

- 10 Die Sensoren für das Feld können nicht nur am Greifer oder auf dem Flugobjekt angeordnet sein, sondern alternativ oder zusätzlich am oder im Messelement, falls dort genügend Platz vorhanden ist, oder auch an einem Träger des Messelementes. Zudem können interne, feldunabhängige Sensoren vorgesehen sein, um die Orientierung der Messelemente im Raum,  
15 insbesondere relativ zum Greifer, festzustellen.

Das erfindungsgemäße Messsystem kann vorteilhafterweise auch unter Wasser eingesetzt werden, beispielsweise in Atomkraftwerken.



Bezugszeichenliste

	10	Messtisch
	12	Roboter
5	14	Messelement
	15	Messelementeablage
	16	Geber
	18	Mess- und Steuerrechner
	20	Zuführbahn
10	22, 23	Abführbahn
	24	Werkstück
	26	Greifarm
	28	Sende- und Empfangsmodul
	30	Greifer
15	50	Zeppelin
	52	Messelement
	53	Träger
	54	Auftrieb- und Steuermotor
	56	Objekt
20	58	Antenne

**Zusammenfassung**

- 5 Es ist ein Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten angegeben, bei dem die Positionen des Messelementes durch ein Ortungsverfahren in Bezug auf ein durch das zugehörige Ortungssystem festgelegtes Bezugssystem bestimmt und aus den festgestellten Positionen des Messelementes gewünschte Maße des Objektes berechnet werden. Es ist
- 10 ferner eine entsprechende Vorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten angegeben.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten, bei welchem ein Messelement (14; 52) im Raum relativ zu einem auszumessenden Objekt, insbesondere entlang dessen Oberfläche, bewegt, die Positionen des Messelementes (14; 52) relativ zu einem insbesondere festen Bezugssystem festgestellt und die Maße des untersuchten Objektes (24; 56) aus den festgestellten Positionen des Messelementes (14; 52) ermittelt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionen des Messelementes (14; 52) durch ein Ortungsverfahren in Bezug auf ein durch das zugehörige Ortungssystem (16) festgelegtes Bezugssystem bestimmt und aus den so festgestellten Positionen des Messelementes (14; 52) gewünschte Maße des Objektes (24; 56) berechnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ortung des Messelementes (14; 52) mindestens ein physikalisches Feld, insbesondere ein akustisches, optisches und/oder ein elektromagnetisches Feld, aufgebaut wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ortung des Messelementes (14; 52) ein unidirektionales Ortungssystem (16), insbesondere nach Art des so genannten Global

Positioning Systems, GPS, verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (14; 52) das Objekt (24; 56) mechanisch oder berührungslos abtastet.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (14; 52) von einem Roboterarm (26) bewegt wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Roboterarm (26) zugleich zum Bewegen des Objektes, insbesondere zum Be- und/oder Entladen der Messvorrichtung eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (14; 52) mit einem Flugobjekt (50) bewegt wird.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein auswechselbares Messelement (14; 52) verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Ortungssystem (16) durch Selbstkalibrierung kalibriert wird.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Messelement (14; 52) drahtlos, insbesondere induktiv oder mittels eines Akkumulators, mit Energie versorgt wird.
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Messdaten des Messelementes (14; 52) drahtlos, insbesondere induktiv oder per Funk, übertragen werden.
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Objekt (24; 56) zum Vermessen auf einer Nullposition positioniert wird.
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das zu vermessende Objekt (24; 56) nach einem Raster, insbesondere einem asymmetrischen Raster, ausgemessen wird.
14. Vorrichtung zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten mit einem im Raum relativ zu einem auszumessenden Objekt, insbesondere entlang dessen Oberfläche, beweglichen Messelement (14; 52),

Mitteln zur Feststellung der Position des Messelementes (14; 52) an den Messorten relativ zu einem insbesondere festen Bezugssystem und Mitteln zur Ermittlung der Maße des Objektes (24; 56) aus den festgestellten Positionen des Messelementes (14; 52),

dadurch gekennzeichnet,

dass ein Ortungssystem (16) zur Bestimmung der Position des Messelementes (14; 52) in Bezug auf das durch das Ortungssystem (16) festgelegte Bezugssystem und Mittel (18) zur Berechnung von Objektmaßen aus den so festgestellten Positionen vorgesehen sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Ortungssystem (16) mindestens ein Mittel (16) zum Aufbauen eines physikalischen Feldes, insbesondere eines akustischen, optischen und/oder elektromagnetischen Feldes, aufweist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Ortungssystem (16) als ein unidirektionales Ortungssystem (16), insbesondere nach Art des so genannten Global Positioning Systems, GPS, ausgebildet ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Messelement (14; 52) als mechanisches oder berührungsloses Abtastelement ausgebildet ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Messelement (14; 52) an einem Roboterarm (26) angeordnet  
ist.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Roboterarm (26) ein Greifelement (30) zum Ergreifen des  
Messelementes (14; 52) und/oder des Objektes (24; 56) aufweist und  
zum Bewegen des Messelementes (14; 52) zwischen Aufnahme- und  
Ablagepositionen sowie der Messposition ausgebildet ist.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Messelement (14; 52) an einem Flugobjekt (50) angeordnet  
ist.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Messelement (14; 52) auswechselbar ausgebildet ist.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 21,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Mittel zur Selbstkalibrierung des Ortungssystems vorgesehen  
sind.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 22,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Mittel (28) zur drahtlosen Energieversorgung des Messelementes  
(14; 52) vorgesehen sind, insbesondere Mittel zur induktiven Energie-  
versorgung oder ein Akkumulator.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 23,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Mittel zur drahtlosen Übertragung der Messdaten vorgesehen  
sind, insbesondere Mittel zur induktiven Übertragung oder zur Über-  
tragung per Funk.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 24,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Nullposition für das auszumessende Objekt (24; 56) vorge-  
sehen ist.



1/2

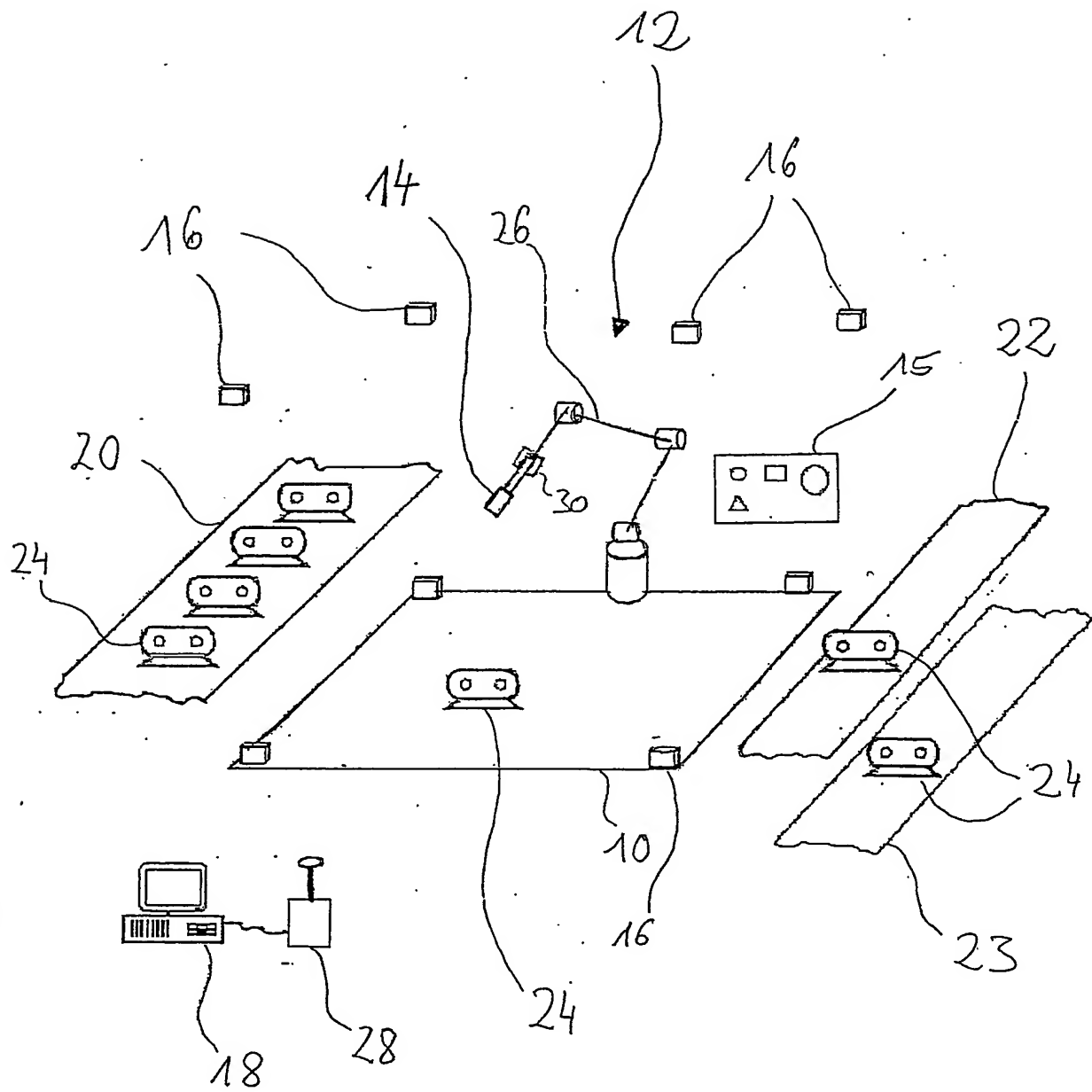


Fig. 1

2/2

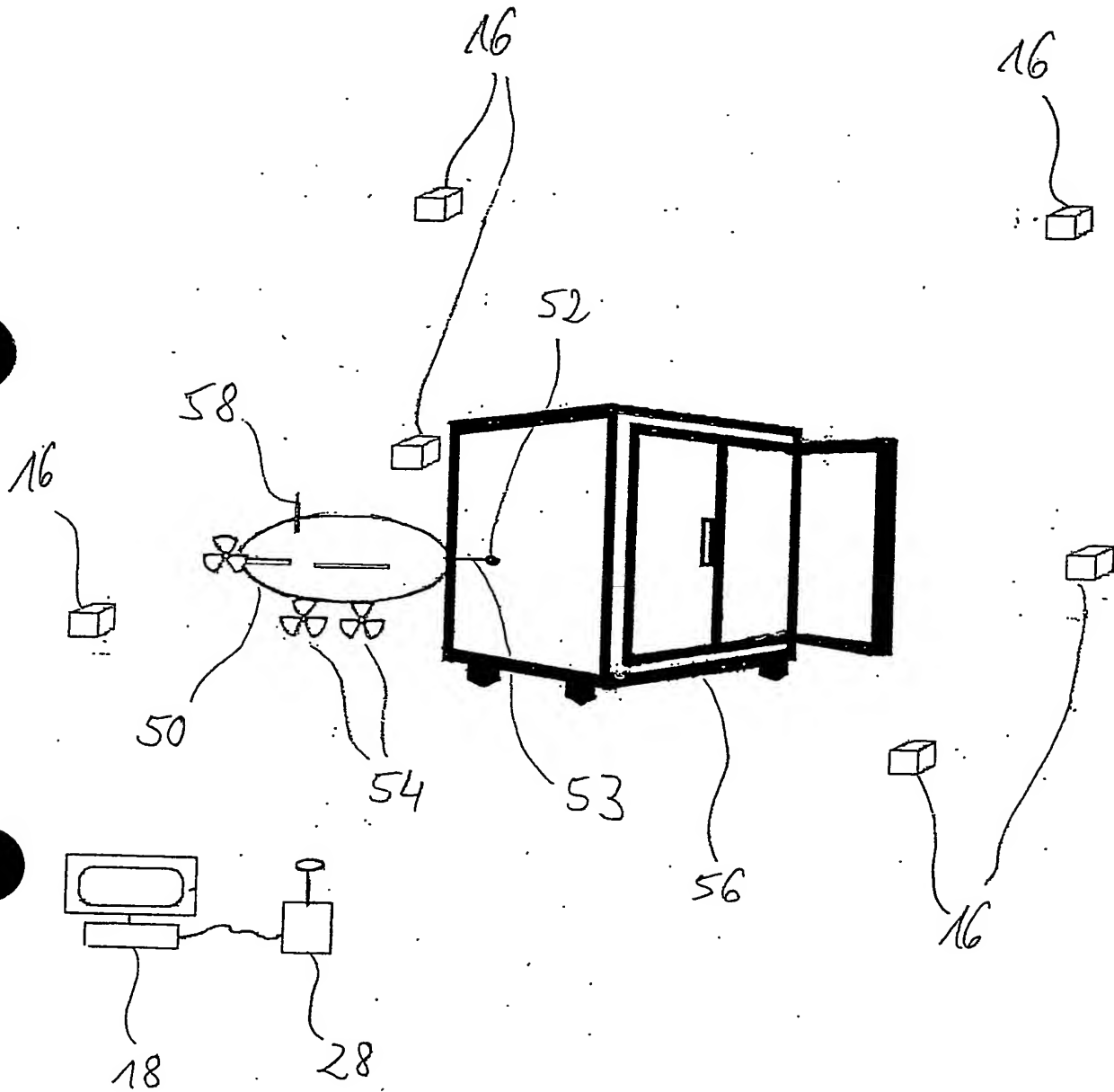


Fig. 2